

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
11 DE 3422039 A1

51 Int. Cl. 4:
F25 B 23/00
H 01 L 23/42

21 Aktenzeichen: P 34 22 039.9
22 Anmeldetag: 14. 6. 84
43 Offenlegungstag: 19. 12. 85

DE 3422039 A1

71 Anmelder:
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie., Baden,
Aargau, CH

74 Vertreter:
Kempe, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., 6800 Mannheim;
Dahlmann, G., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 6940 Weinheim

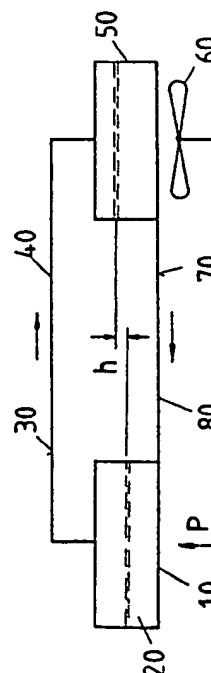
72 Erfinder:
Klein, Erwin, 6805 Heddesheim, DE

56 Recherchenergebnisse nach § 43 Abs. 1 PatG:

DE-AS 21 02 254
DE-OS 21 07 011
EP 786

54 Siedekühlung, insbesondere zur Kühlung von Stromrichtern der Leistungselektronik

Siedekühlung, insbesondere zur Kühlung von Stromrichtern der Leistungselektronik, mit getrennten Siede- und Kondensationszonen, welche durch eine oder zwei Rohrleitungen verbunden sind, und bei denen die enge Kopplung von Siede- und Kondensationszonen vermieden und eine räumlich getrennte Anordnung dieser beiden Zonen dadurch ermöglicht wird, daß der Rückkühler zur Erzeugung einer Temperaturdifferenz zwischen Siede- und Kondensationszone und damit einer den Vortrieb des Dampfes hervorruufenden Druckdifferenz zusätzlich gekühlt wird.



DE 3422039 A1

BEST AVAILABLE COPY

A n s p r ü c h e

5

① Siedekühlung, insbesondere zur Kühlung von Stromrichtern der Leistungselektronik, mit getrennten Siede- und Kondensationszonen, welche durch eine oder zwei Rohrleitungen verbunden sind, dadurch gekennzeichnet, daß der Rückkühler (5,50,170) zur Erzeugung einer Temperaturdifferenz zwischen Siede- und Kondensationszone und damit einer den Vortrieb des Dampfes hervorruhenden Druckdifferenz zusätzlich gekühlt wird.

15

2. Siedekühlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Rückkühler (5,50,170) überdimensioniert ist.

20

3. Siedekühlung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine vergrößerte Konvektionsfläche am Kondensator vorgesehen ist.

25

4. Siedekühlung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Kühlung des Kondensators (5,50,170) ein Luftstrom durch einen Ventilator (6,60) erzeugt wird.

30

5. Siedekühlung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Rückkühler durch ein zusätzliches Kälteaggregat (150) gekühlt wird.

35

6. Siedekühlung nach einem der Ansprüche 1 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kondensator (120) des zusätzlichen Kälteaggregates (150) zwangsbelüftet ist.

7. Siedekühlung nach Anspruch 6, dadurch gekenn

Mp.Nr. 598-84

3422039

zeichnet, daß die Zwangsbelüftung über einen dem Kälte-
aggregat (150) zugeordneten Ventilator erfolgt.

8. Siedekühlung nach Anspruch 6, dadurch gekenn-
zeichnet, daß die Zwangsbelüftung durch den dem Konden-
sator (50) zugeordneten Lüfter (60) erfolgt.

9. Siedekühlung nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, daß bei räumlich tiefer liegen-
dem Niveau des Kondensatspiegels gegenüber dem der Sie-
deflüssigkeit der Kondensattransport mittels einer Pumpe
(90) erfolgt.

15

20

25

30

35

5

B B C A K T I E N G E S E L L S C H A F T
B R O W N , B O V E R I & C I E ,

Baden/Schweiz

12. Juni 1984

10

Mp.-Nr. 598/84

ZPT/P2-Sz/Fo

15

Siedekühlung, insbesondere zur Kühlung von Stromrichtern
der Leistungselektronik

20

Die Erfindung bezieht sich auf eine Siedekühlung, insbesondere zur Kühlung von Stromrichtern der Leistungselektronik, mit getrennten Siede- und Kondensationszonen, welche durch eine oder zwei Rohrleitungen verbunden sind.

25

Derartige Siedekühlungen sind bekannt. Sie sind aus der normalen Flüssigkeitskühlung mit Wärmeübergang durch Konvektion entstanden, indem man zur Erzielung höherer Wärmeübergangszahlen die Verdampfungswärme eines Kühlmediums ausnutzte.

30

Während bei der normalen, der einphasigen Flüssigkeitskühlung zwischen der Wärmeaufnahme und der Wärmeabgabe des flüssigen Kühlmediums größere Entfernungen bestehen können, die durch den Einsatz von Strömungsmaschinen, z.B. Pumpen, überbrückt werden, wurde bei der Siedekühlung eine enge Kopplung von Siede- und Kondensationszone

35

angestrebt. Dies zeigen alle bisher auf dem Markt erschienen und aus der Literatur bekannten Ausführungen, was als Nachteil dieser Kühlungsart angesehen wurde. Die Siedekühlung wurde bisher bei räumlich getrennten Siede- und Kondensationszonen nicht eingesetzt.

5

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die enge Kopplung von Siede- und Kondensationszonen zu vermeiden und eine räumlich getrennte Anordnung dieser beiden Zonen zu ermöglichen.

10

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß der Erfindung dadurch, daß der Rückkühler zur Erzeugung einer Temperaturdifferenz zwischen Siede- und Kondensationszone und damit einer den Vortrieb des Dampfes hervorrufenden Druckdifferenz zusätzlich gekühlt wird.

15

Diese zusätzliche Kühlung des Rückkühlers kann nach weiteren Merkmalen der Erfindung durch eine Überdimensionierung des Rückkühlers selbst oder durch eine zusätzliche Kühlung mittels eines Kälteaggregates erreicht werden. Die Überdimensionierung des Rückkühlers wird durch eine Vergrößerung der Konvektionsfläche des Kondensators erreicht, so daß eine größere Wärmemenge direkt durch Konvektion an die Umgebungsluft abgeführt wird.

25

Bei der Verwendung eines zusätzlichen Kälteaggregates kann dessen Kondensator zwangsbelüftet sein. Die Zwangsbelüftung kann über einen dem Kälteaggregat zugeordneten Ventilator oder über den dem Kondensator der Siedekühlung zugeordneten Lüfter erfolgen.

30

Sofern das Niveau des Kondensatspiegels tiefer liegt als das Niveau der Siedeflüssigkeit, ist es zweckmäßig, für den Transport des Kondensats aus dem Kondensator in die Kühldose eine Pumpe oder dergl. vorzusehen.

35

Bei den bisherigen Flüssigkeitskühlanlagen wird der beim Sieden innerhalb der Flüssigkeit in Form von Blasen auftretende Dampf ein aus der Schwerkraft resultierender Auftrieb erteilt. Dieser kann durch kinetische Energie auch noch nach Austritt des Dampfes aus der Flüssigkeit wirksam sein. Hierdurch ist es möglich, daß der beim Sieden entstehende Dampf zu dem Kondensator gelangt, der im allgemeinen über der Siedezone angeordnet ist. Eine weitere räumliche Trennung der Siede- und Kondensationszonen war nicht möglich.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird nun das Kondensat bewußt derart "unterkühlt", daß sich ein Druckgefälle in Richtung des Kondensators einstellt, der ausreicht, dem Dampf den erforderlichen Vortrieb zum Kondensator zu erteilen. Durch ein derartiges Druckgefälle können größere räumliche Entfernungen zwischen Verdampfer und Verflüssiger überbrückt werden. Eine Strömungsmaschine für die Erzeugung des Dampf vortriebs ist bei einer Anordnung gemäß der Erfindung nicht erforderlich.

Anhand schematischer Beispiele soll die Wirkungsweise der verschiedenen Kühlsysteme dargestellt werden. In Fig. 1 ist ein bekanntes Flüssigkeitskühlsystem und in den Fig. 2 bis 5 sind Ausführungsbeispiele für Kühlsysteme gemäß der Erfindung dargestellt.

Es zeigen:

- Fig. 1 die Flüssigkeitskühlung mit Zwangsumlauf nach dem Stand der Technik;
- Fig. 2 eine Siedekühlung entsprechend der Erfindung in der einfachsten Ausführungsform;
- Fig. 3 eine Siedekühlung der Fig. 2, jedoch mit Zwangsrücklauf;
- Fig. 4 eine Siedekühlung gemäß Fig. 2 mit einem zusätzlichen Kälteaggregat;

Fig. 5 eine Siedekühlung gemäß Fig. 2 mit einer gemeinsamen Dampf- und Flüssigkeitsrohrleitung.

In Fig. 1, die eine bekannte Flüssigkeitskühlung zeigt, wird von einer nicht dargestellten Wärmequelle, z.B. einem Stromrichter, die Wärmeleistung P an eine Kühldose 1 mit der Kühlflüssigkeit 2 durch direkten Berührungskontakt abgegeben. Statt der Dose kann auch ein Kessel vorhanden sein, indem die Wärmequelle eingetaucht ist. Die erwärmte Kühlflüssigkeit 3, die in einem Verbindungsrohr 4 zwischen der Kühldose 1 und dem Wärmeaustauscher 5 fließt, transportiert die Energie zu dem Wärmeaustauscher 5. In dem Wärmeaustauscher wird die Energie an den von dem Ventilator 6 erzeugten Luftstrom abgegeben. Die abgekühlte Flüssigkeit 7 wird dann über eine Rohrleitung 8 zur Kühldose 1 zurückgeführt. Der Zwangsumlauf wird über eine Pumpe 9 hergestellt, die vorzugsweise in dem Rohr 8 angeordnet ist. Die Wirkleistung der Kühlanlage ergibt sich aus dem Produkt aus Druckabfall und Volumenstrom. Um bei einer gegebenen Verlustleistung einen bestimmten Temperaturhub einzustellen, müssen die Werte der Anlage entsprechend gewählt werden. Der Temperaturhub wird mitgeprägt durch die Erwärmung der Kühlflüssigkeit.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung. Die Wärmequelle selbst ist hier ebenfalls nicht dargestellt. Mit 10 ist die Kühldose und mit 20 die Kühlflüssigkeit bezeichnet. Der durch Sieden erzeugte Dampf 30 kann über eine Rohrleitung 40 zu einem Kondensator 50 strömen, wobei sein Vortrieb durch die Druckdifferenz zwischen der Siedezone in der Kühldose 10 und der Kondensationszone im Kondensator 50 erzeugt wird. Durch Wärmeableitung, in diesem Ausführungsbeispiel durch den Ventilator 60, wird eine Kondensation des Dampfes durch Abkühlung unter den Siedepunkt erreicht. Das verflüssigte Kältemittel 70 fließt über eine Rohrleitung 80 in die Kühl

dose 10 zurück, wobei der erforderliche Vortrieb durch Schwerkraft erzeugt wird. Diese Vortriebskraft ist von der Flüssigkeitsniveaudifferenz h abhängig.

Fig. 3 zeigt eine zweite Ausführungsform der Erfindung. Bei gleichen Teilen sind gleiche Bezugszeichen wie in Fig. 2 verwendet worden. Abweichend von der Ausführungsform nach Fig. 2 wird der Rückfluß des Kondensats 70 wegen einer negativen Flüssigkeitsniveaudifferenz $-h$ durch eine Pumpe 90 erreicht. Da die Pumpe nur den bedeutend kleineren Volumenstrom des Kühlmittels und den daraus resultierenden kleineren Druck - gleiche Rohrquerschnitte vorausgesetzt - wie bei der Flüssigkeitskühlung nach Fig. 1 fördern muß, kann die Pumpe bedeutend kleiner sein als eine in Fig. 1 eingesetzte Pumpe.

Fig. 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung. Auch hier sind für gleiche Teile gleiche Bezugszeichen wie in Fig. 2 und in Fig. 3 verwendet worden. Die Temperaturabsenkung des Kondensats und damit das Einstellen einer Druckdifferenz für den Vortrieb des Dampfes wird in diesem Fall durch ein zusätzliches Kälteaggregat 150 erzeugt. Von diesem Kälteaggregat sind nur die Hauptkomponenten gezeigt, wobei das Kühlelement des Verdampfers mit 100, der Kompressor mit 110 und der Verflüssiger (Kondensator) mit 120 bezeichnet sind. Es kann ein eigener Ventilator 140 vorgesehen werden, falls die natürliche Konvektion nicht ausreichend ist. Da bei der relativ kleinen Temperaturabsenkung (kleine Druckdifferenz) nicht viel Leistung abgeführt werden muß, kann unter Umständen mit der natürlichen Wärmekonvektion gearbeitet werden. Wird der Verflüssiger Δ wie strichpunktiert dargestellt und mit 130 bezeichnet - luftmäßig dem Kondensator 50 zugeordnet, so erfolgt seine Kühlung über den Ventilator 60.

Eine Pumpe 90 kann vorgesehen sein, wenn das Kühlmittel

niveau ähnlich wie in Fig. 3 in dem Kondensator tiefer als in der Kühldose ist.

In Fig. 5 wird die Wärmeleistung von der Kühldose oder dem Kessel 160 aufgenommen, die nur einen hydraulischen Anschluß für eine kombinierte Dampf- und Flüssigkeitsleitung 180 hat. Nur über diese Leitung ist die Kühldose mit einem Kondensator 170 verbunden. Die gegenläufigen Ströme von Dampf und Flüssigkeit werden durch Temperaturdifferenz und Schwerkraft bewegt. Der Kondensator 170 wird in der dargestellten Ausführungsform von dem Ventilator 60 gekühlt. Der Innendurchmesser des Verbindungsrohres 180 muß den doppelten Aufgaben angepaßt sein. Ebenfalls ist es zweckmäßig, den Höhenunterschied der beiden Flüssigkeitspegel größer zu wählen als bei den Ausführungsbeispielen der Figuren 2 und 4. Aus diesem Grund eignet sich diese Ausführungsform für Kühlanordnungen, bei denen ein derartiger Höhenunterschied durch vorhandene Anordnungsmöglichkeiten bereits vorgegeben ist.

- 9 -
- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Nummer:
Int. Cl.⁴:
Anmeldetag:
Offenlegungstag:

34 22 039
F 25 B 23/00
14. Juni 1984
19. Dezember 1985

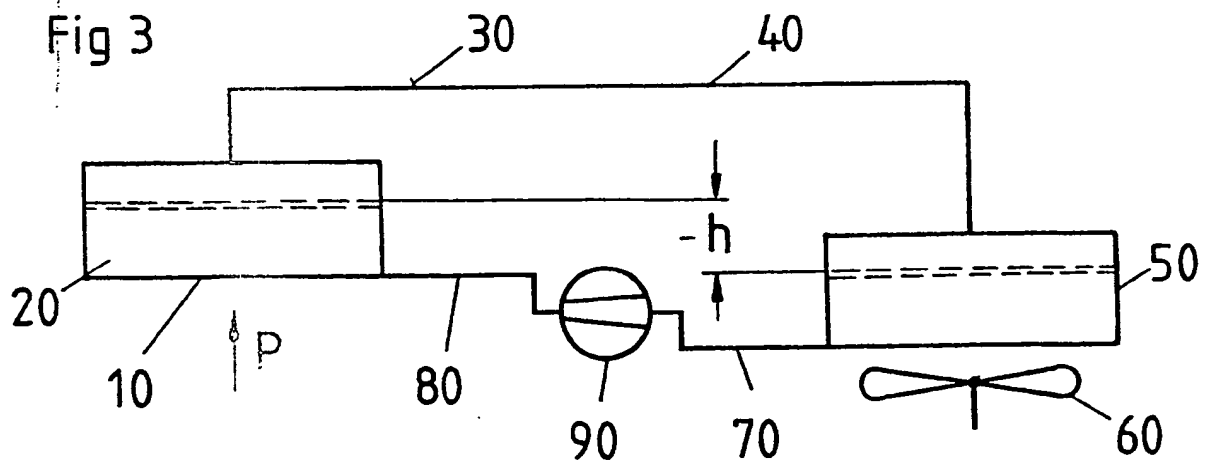
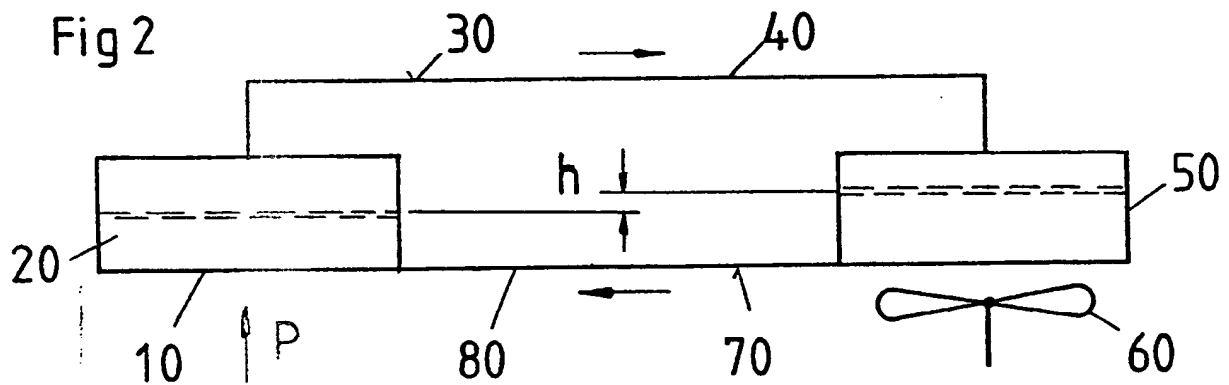
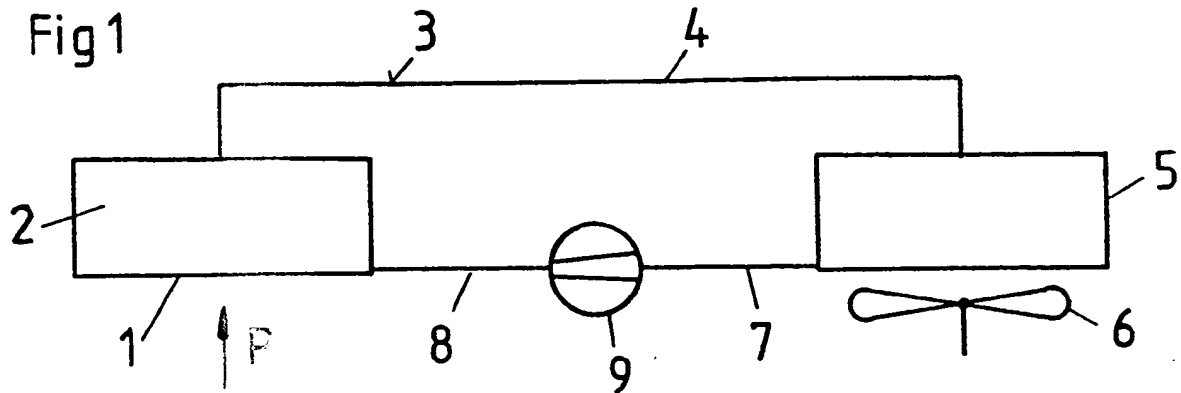


Fig 4

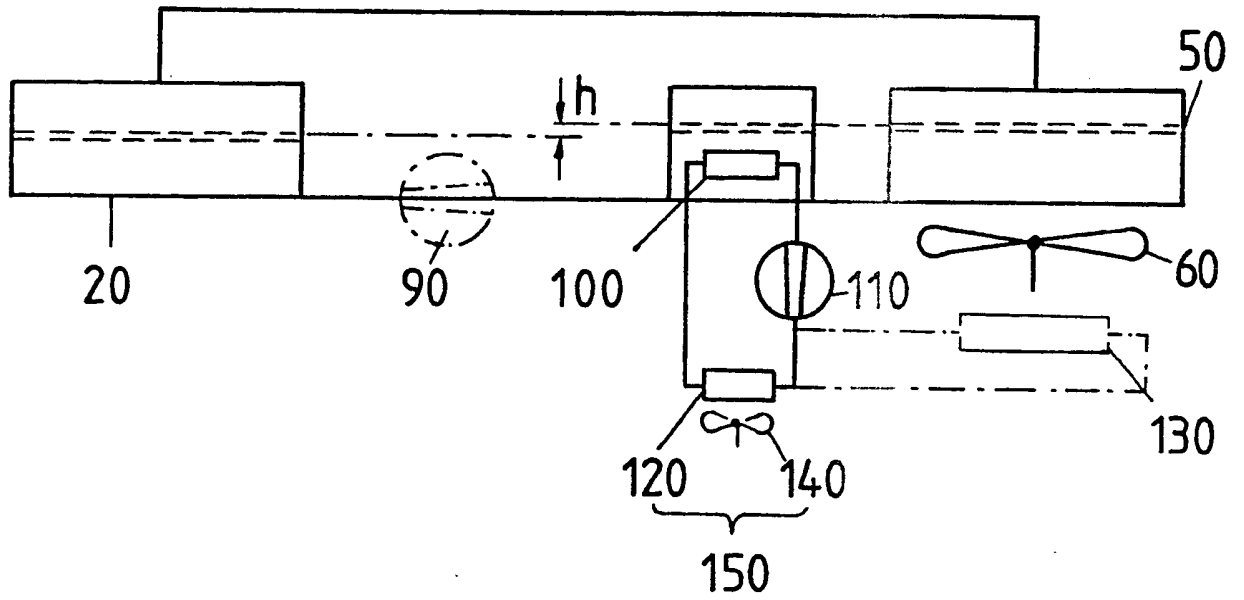
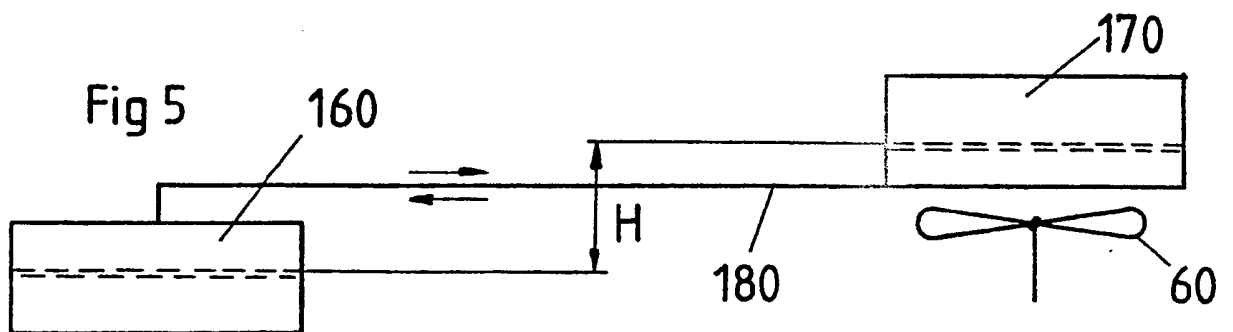


Fig 5



PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

(PCT Article 18 and Rules 43 and 44)

Applicant's or agent's file reference 1758-PCT	FOR FURTHER ACTION see Form PCT/ISA/220 as well as, where applicable, item 5 below.	
International application No. PCT/US2004/027205	International filing date (day/month/year) 20/08/2004	(Earliest) Priority Date (day/month/year) 21/08/2003
Applicant TERADYNE, INC.		

This International Search Report has been prepared by this International Searching Authority and is transmitted to the applicant according to Article 18. A copy is being transmitted to the International Bureau.

This International Search Report consists of a total of 3 sheets.

☒ It is also accompanied by a copy of each prior art document cited in this report.

1. Basis of the report

a. With regard to the language, the international search was carried out on the basis of the international application in the language in which it was filed, unless otherwise indicated under this item.

☐ The international search was carried out on the basis of a translation of the international application furnished to this Authority (Rule 23.1(b)).

b. ☐ With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, see Box No. I.

2. ☐ Certain claims were found unsearchable (See Box II).

3. ☐ Unity of invention is lacking (see Box III).

4. With regard to the title,

☒ the text is approved as submitted by the applicant.

☐ the text has been established by this Authority to read as follows:

5. With regard to the abstract,

☐ the text is approved as submitted by the applicant.

☒ the text has been established, according to Rule 38.2(b), by this Authority as it appears in Box No. IV. The applicant may, within one month from the date of mailing of this international search report, submit comments to this Authority.

6. With regards to the drawings,

a. the figure of the drawings to be published with the abstract is Figure No. 2

☒ as suggested by the applicant.

☐ as selected by this Authority, because the applicant failed to suggest a figure.

☐ as selected by this Authority, because this figure better characterizes the invention.

b. ☐ none of the figures is to be published with the abstract.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US2004/027205

Box No. IV Text of the abstract (Continuation of item 5 of the first sheet)

A two-phase cooling apparatus for cooling an electronic assembly is disclosed. The apparatus comprises an evaporator (40) having a single-phase inlet (22) for receiving a single-phase liquid coolant and a two-phase outlet for discharging a two-phase coolant. A local condenser (44) is disposed proximate the evaporator (40) and has a two-phase inlet coupled to the evaporator outlet. The local condenser (44) includes a single-phase liquid coolant outlet. The apparatus further includes a pump (14) having an output coupled to the evaporator inlet, and an input coupled to the local condenser outlet.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No

PCT/US2004/027205

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 F25B23/00 H01L23/427 H05K7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 F25B H01L H05K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 406 807 A (ASHIWAKE NORIYUKI ET AL) 18 April 1995 (1995-04-18) column 11, line 45 - column 23, line 48; figures 1-31 -----	1-3,5-8, 10-16
X	DE 34 22 039 A (BBC BROWN BOVERI & CIE) 19 December 1985 (1985-12-19) page 6, line 3 - page 8, line 19; figures 1,3,4 -----	1-3,5, 10,12-15
X	US 3 586 101 A (GUPTA OMKARNATH R ET AL) 22 June 1971 (1971-06-22) column 2, line 19 - column 4, line 2; figures 1,1a -----	1,5,6,8, 10-12,14
X	US 2003/061824 A1 (MARSALA JOSEPH) 3 April 2003 (2003-04-03) paragraph '0015! - paragraph '0023!; claim 1; figures 1,2 -----	5,6, 10-12,14

☐

Further documents are listed in the continuation of box C.

☒

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 December 2004

Date of mailing of the international search report

22/12/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel (+31-70) 340-2240 Tx. 31 651 epo nl,
Fax (+31-70) 340-2240

Authorized officer

Szilagyi, B

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/US2004/027205

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
US 5406807	A	18-04-1995	JP	6004179 A		14-01-1994
			JP	6104357 A		15-04-1994
DE 3422039	A	19-12-1985	DE	3422039 A1		19-12-1985
			IT	1200643 B		27-01-1989
US 3586101	A	22-06-1971	CA	921159 A1		13-02-1973
			DE	2056699 A1		24-06-1971
			FR	2071964 A5		24-09-1971
			GB	1319091 A		31-05-1973
US 2003061824	A1	03-04-2003	US	2002007641 A1		24-01-2002
			JP	2001349651 A		21-12-2001
			CA	2342570 A1		04-10-2001
			EP	1143778 A1		10-10-2001

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)